

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 100 65 072 C 1

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 03 K 7/06  
H 03 K 5/14  
H 03 K 7/04

⑳ Aktenzeichen: 100 65 072.4-42  
㉑ Anmeldetag: 23. 12. 2000  
㉒ Offenlegungstag: -  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 6. 2002

DE 100 65 072 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:  
Micronas GmbH, 79108 Freiburg, DE

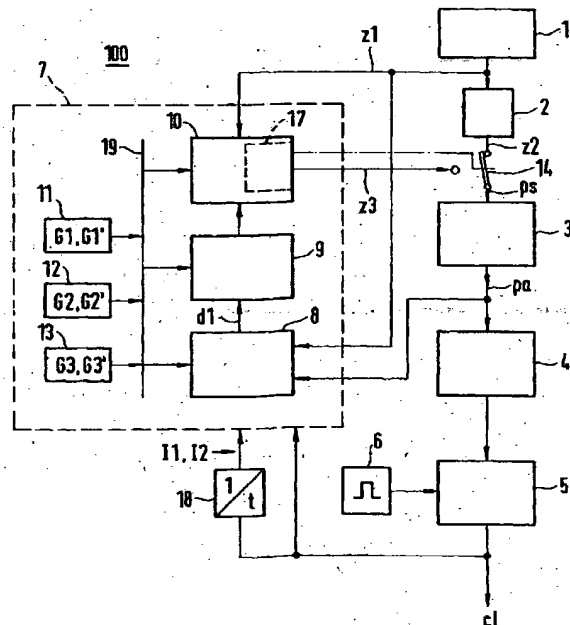
㉕ Erfinder:  
Bock, Christian, Dr., 79108 Freiburg, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 195 17 265 A1  
DE 44 42 403 A1  
EP 07 15 408 A1

㉗ Taktgeber zur Erzeugung eines im Frequenzspektrum verschliffenen Systemtaktes

㉘ Taktgeber (100) mit einem Zufallszahlengenerator (1) und einem Phasenmodulator (4) zur Erzeugung eines im Frequenzspektrum verschliffenen und damit störstrahlarmen Systemtaktes (c1), wobei zwischen den Zufallszahlengenerator (1) und den Phasenmodulator (4) ein Integrator (3) für die vom Zufallszahlengenerator gelieferten Zufallszahlen (z1) eingefügt ist, der Ausgang des Integrators (3) den jeweiligen Phasenwert (pa) im Phasenmodulator (4) steuert und der Integrator (3) mit einer Kontrolleinrichtung (7) gekoppelt ist, die in die zugeführten Zufallszahlen (z2) oder den Integrationsvorgang eingreift, um vorgegebene Grenzwerte (G1, G2, G3) bei der Integration nicht zu überschreiten.



DE 100 65 072 C 1

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Taktgeber zur Erzeugung eines im Frequenzspektrum verschliffenen Systemtaktes.

**[0002]** Eine derartiger Taktgeber mit zugehörigem Verfahren ist beispielsweise in der eigenen Patentanmeldung DE 44 42 403 A1 oder EP 0 715 408 A1 (intern: C-1674) beschrieben. Ein Taktgenerator erzeugt dort ein im zeitlichen Mittel frequenzgenauen Systemtakt, indem ein in der Phase und Frequenz stabiler Ursprungtakt mittels eines Phasenmodulators in der Phase moduliert wird, wobei der Phasenmodulator mit Zufallszahlen aus einem Zufallszahlengenerator angesteuert wird.

**[0003]** Die Phasenabweichungen dürfen für die sichere Funktion des Systemtaktes in den praktischen Anwendungsfällen jedoch nicht zu groß sein, weil ansonsten bei sehr kurzen Taktphasen die Verarbeitungszeit in einigen vom Systemtakt gesteuerten Schaltungsteilen nicht mehr in dieser Zeit durchgeführt werden können. Es sind daher Mindestphasen für den oberen oder unteren Taktzustand vorgegeben, die nicht unterschritten werden dürfen. Da man mit dem Systemtakt sowieso dicht an der technologischen Grenze arbeitet, um möglichst viele Funktionen pro Zeiteinheit durchführen zu können, ist eine deutliche Verkürzung der Taktphasen meist nicht möglich. Damit ist aber auch der Aussteuerbereich der Phasenmodulation begrenzt, wodurch der Verschleißbereich des Systemtaktes im Frequenzspektrums ebenfalls relativ begrenzt bleibt und damit auch die Wirkung auf die Reduktion der Störstrahlungsabstrahlung.

**[0004]** In DE 195 17 265 A1 ist ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Phasenmodulation eines Taktsignals mit einem Zufallssignal beschrieben. Als Zufallssignal dient insbesondere eine Folge von digitalen Zufallssignalen, mit denen eine Kette von Verzögerungselementen gesteuert wird. In Abhängigkeit von der jeweiligen Zufallszahl werden die einzelnen Verzögerungselemente ein- oder ausgeschaltet. Die Verzögerungszeit eines einzelnen Verzögerungselementes ist dabei sehr gering und wird beispielsweise mit 2 ns angegeben. Die Phasenlagen der Anstiegs- und Abstiegsflanken des Taktsignals werden getrennt gesteuert, wobei der Modulationshub in einem angenommenen Beispiel im aktiven Taktbereich auf höchstens 30% der Periodendauer zurückgehen darf.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es einen verbesserten Taktgeber für einen Systemtakt anzugeben, mit dem eine größere Reduktion der Störstrahlung ermöglicht wird.

**[0006]** Die Aufgabe wird mit einem gattungsgemäßen Taktgenerator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 im wesentlichen dadurch gelöst, daß zwischen dem Zufallszahlengenerator und dem Phasenmodulator ein Integrator eingefügt wird, der die Zufallszahlen integriert. Damit geht man von der zufallszahlengesteuerten Phasenmodulation auf eine zufallszahlengesteuerte Frequenzmodulation über. Andererseits verläßt man die Phasenmodulation auch nicht ganz, weil die jeweils generierten Phasensprünge direkt an die Zufallszahlen gekoppelt sind. Die maximale Höhe der Phasensprünge läßt sich so auf einfache Weise über den zugelassenen Bereich der Zufallszahlen kontrollieren. Werden die Zufallszahlen nicht als Pseudozufallszahlen mit begrenztem Zahlenbereich erzeugt, dann ist eine separate Bereichsbegrenzung erforderlich. Durch die Akkumulierung der einzelnen Phasensprünge nach der Erfindung, kann der zulässige Verschleißbereich wesentlich größer werden als bei einer reinen Phasenmodulation (= PM). Andererseits muß nun aber auch sichergestellt sein, daß die Phase und damit die Frequenz nicht zu weit von der Sollphase oder Sollfrequenz wegläuft. Bei der Akkumulierung der Zufalls-

zahlen könnten ansonsten beliebige Werte erreicht werden und zwar unabhängig davon ob positive, negative oder positive und negative Zufallszahlen zugelassen werden. In jedem Fall muß eine geeignete Strategie vorhanden sein, die das Überschreiten der zulässigen Bereiche verhindert. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die gewählte Strategie in die zufällige Folge der Zufallszahlen eingreift und damit die Zufälligkeit stört. Die Zufälligkeit ist andererseits die Voraussetzung dafür ist, daß die mit den Taktsignalen verkoppelten Stromimpulse der angeschlossenen Verarbeitungsstufen möglichst keine hervorgehobenen Frequenzanteile als Oberwellen aufweisen. Die Strategie soll somit möglichst wenig in die Zufallszahlenfolge eingreifen. Eine Analyse der verschiedenen Strategien über geeignete Rechnersimulationen zeigt deutlich die unterschiedlichen Wirkungen und erlaubt eine Optimierung gemäß den jeweiligen Betriebsparametern. In diese gehen z. B. die Frequenz des Systemtaktes, die minimal zulässige Taktphase, der erlaubte Frequenz- oder Phasenbereich, aber auch der erforderliche Schaltungsaufwand mit ein. In vielen Fällen können vorzuziehende Grenzen während des normalen Betriebsfalles auch unterschiedlich groß sein, beispielsweise während erster Zeitintervalle engere Grenzen und außerhalb dieser Zeitintervalle breitere Grenzen. Dies wirkt sich natürlich günstig auf die Verschleißung aus. Es muß jedoch durch die gewählte Strategie der Rückführung sichergestellt sein, daß spätestens mit dem Beginn der ersten Zeitintervalle die engeren Grenzen wieder erreicht werden. Aus der Strategie ergibt sich somit im Umkehrschluß, wie weit sich die Frequenz und Phase während der zweiten Zeitintervalle wegbewegen darf.

**[0007]** Die Erfindung und vorteilhafte Weiterbildungen werden nun anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert:

**[0008]** Fig. 1 zeigt als Blockschaltbild ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel des Taktgebers,

**[0009]** Fig. 2 und Fig. 3 zeigen an einer Taktflanke die möglichen Phasensprünge,

**[0010]** Fig. 4 zeigt einen Ringoszillator als Phasenmodulator,

**[0011]** Fig. 5 zeigt im Zeitdiagramm einige phasenverschobene Taktflanken,

**[0012]** Fig. 6 zeigt im schematisch zwei unterschiedlich große Aufenthaltsbereiche mit Zufallszahlen,

**[0013]** Fig. 7 bis Fig. 12 zeigen in Diagrammform Beispiele für Aufenthaltsbereiche in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz des Systemtaktes.

**[0014]** Fig. 1 zeigt schematisch als Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel eines Taktgebers 100 nach der Erfindung. Ein Zufallszahlengenerator 1 speist über eine Verzögerungseinrichtung 2 einen Integrator 3. Der Integrator 3 integriert die zugeführten Zufallszahlen, die positiv oder positiv und negativ sein können. Mit dem integrierten Wert der Zufallszahl ist ein Phasenmodulator 4 gespeist, dessen Ausgang auf einen Oszillator 5 geführt ist, dessen jeweilige Phasenlage vom Integrationswert pa abhängig ist. Der Oszillator 5 kann Teil einer Phasenverriegelungsschleife (= PLL) mit einem Referenzoszillator 6 und einem Ringoszillator sein, dessen Gesamtverzögerungszeit durch den Referenzoszillator 6 geregelt ist. Der Ringoszillator enthält eine Vielzahl von Abgriffen, die einzeln ansteuerbar sind und den Systemtakt cl in unterschiedlichen Phasen liefern. Die einzelnen Verzögerungszeiten entsprechen dabei nur Bruchteilen der Systemtaktperiode, beispielsweise kann ein Halbtakt durch 35 Verzögerungsstufen in 35 unterschiedlichen Taktphasen aufgeteilt werden. Der Phasenmodulator 4 und der Oszillator 5 können auch miteinander kombiniert sein wie in Fig. 4.

**[0015]** Der beschriebene Signalpfad zur Erzeugung des

Systemtaktes  $c1$  wird durch eine Kontrolleinrichtung 7 beeinflusst, die eine Integratornachbildung 8, einen Vergleicher 9 und eine Auswahleinrichtung 10 enthält. Ferner enthält die Kontrolleinrichtung Speicher 11, 12, 13 für einen ersten, zweiten und dritten Grenzwert  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$ , die über einen Datenbus 19 der Integratornachbildung, dem Vergleicher und der Auswahleinrichtung zuführbar sind.

[0016] In der Integratornachbildung 8 wird geprüft, ob die neue Zufallszahl  $z1$  nach dem Integrations-schritt innerhalb des zweiten oder dritten Grenzwertes  $G2$ ,  $G3$  bleibt. Hierzu wird die Integratornachbildung mit dem aktuellen Integrationswert  $pa$  gespeist und die Zufallszahl  $z1$  je nach Vorzeichen addiert oder subtrahiert. Das Integrationsergebnis  $d1$  wird in dem Vergleicher 9 mit dem jeweiligen Grenzwert  $G2$ ,  $G3$  verglichen und das Ergebnis der Auswahleinrichtung 10 zugeführt. Diese enthält eine Modifikationseinrichtung 17, die gegebenenfalls eine modifizierte Zufallszahl  $z3$  abgibt, die über einen elektronischen Schalter 14 dem Eingang des Integrators 3 anstatt der Zufallszahl  $z2$  zugeführt ist. Die Auswahleinrichtung 10 enthält die logischen Operationen, um zu entscheiden, ob die Zufallszahl  $z1$  integriert werden soll oder in welcher Weise die Modifikation stattzufinden hat, damit die entsprechenden Grenzwerte eingehalten werden.

[0017] Fig. 1 zeigt am Beispiel einer abfallenden Taktflanke 21 eines Systemtaktes  $c1$  wie diese Taktflanke in positiver oder negativer Richtung durch die einzelnen Phasenschritte  $ps$  verändert werden kann. Die minimal zulässige Taktphase  $cmin$  darf dabei nicht unterschritten werden, weil ansonsten die Signalverarbeitungszeit in den angeschlossenen Schaltungsblöcken zu gering wird. Von der Solltaktperiode ausgehend ergibt sich somit ein Maximalsprung  $+M$ ,  $-M$ , der keinesfalls überschritten werden darf. Ändert sich der Phasenschritt  $ps$  bei dem nächsten Halbtakt  $T/2$  nicht, dann entspricht die Dauer der Halbtaktphase wieder dem Sollwert  $T/2$ , vgl. hierzu das Zeitdiagramm Fig. 5.

[0018] In Fig. 3 ist schematisch der Aufenthaltsbereich einer Anstiegsflanke 22 in einem ersten oder zweiten Zeitintervall  $I1$ ,  $I2$  dargestellt. Dieser Fall ist dann von Interesse, wenn die Flanke weiter von der Sollphase  $psoll$  wegwandern kann, ohne dabei die Maximalsprungbedingung zu verletzen. Die einzelnen Phasenschritte  $ps$  sind dabei höchstens so groß wie der zulässige Maximalsprung  $M$ .

[0019] Wenn in dem zweiten Zeitbereich 12 ein größerer Aufenthaltsbereich zulässig ist, dann muß durch eine entsprechende Rückführungsstrategie  $+R$ ,  $-R$ , sichergestellt sein, daß spätestens zu Beginn des ersten Zeitintervalls  $I1$  wieder deren Bereichsgrenzen erreicht werden. Entsprechende Rückführstrategien  $R$  werden später ausführlich erläutert.

[0020] In Fig. 4 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel für einen in der Phase steuerbaren Oszillators 5 dargestellt, der als Ringoszillator ausgebildet ist. Der Ringoszillator enthält in seiner Ringschaltung 35 hintereinander geschaltete Verzögerungsstufen 20, deren gesamte Verzögerungszeit zusammen auf die halbe Periodendauer  $1/2$  des Systemtaktes  $c1$  mittels der nicht dargestellten Phasenregelschleife geregelt ist. Die Abgriffe an den einzelnen Verzögerungsstufen sind mit einem Vielfachschalter 30 verbunden, der je nach dem zugehörten akkumulierten Phasenwert  $pa$  einen dieser Anschlüsse auswählt und als Hilfstakt  $c1$ , der die doppelte Frequenz des Systemtaktes  $c1$  hat, einem Frequenzteiler 25 zuführt. Am Ausgang dieses Frequenzteilers ist der Systemtakt  $c1$  abgreifbar, der mittels einer nicht dargestellten Treiberstufe verstärkt wird.

[0021] Die beschriebene Anordnung ist dann von Vorteil, wenn die Sollphase beim Null-Bezugsphasenwert liegt und die einzelnen Verzögerungsschritte  $ps$  demgegenüber den

Hilfstakt  $c1$  verzögern. Wenn dagegen positive und negative Phasenschritte  $+ps$ ,  $-ps$  vorgesehen sind, dann ist es sinnvoller die Bezugsphase nicht mit dem Anfangswert Null der Verzögerungskette zu verbinden, sondern mit einem späteren Bezugswert. Damit der Bereich der zulässigen positiven und negativen Phasenschritte dabei nicht eingeschränkt wird, ist es ferner zweckmäßig an das Ende 36 der Verzögerungskette eine weitere Verzögerungskette 37 bis 53 anzuschließen, die aber nicht innerhalb des geschlossenen Rings liegt, jedoch für jeden Verzögerungsabgriff einen zugehörigen Eingang beim Vielfachschalter 30 erfordert. Die angehängte Verzögerungskette 37 bis 53 vermeidet die Umrechnung der ursprünglichen Abgriffe 0 bis 35 beim Auftreten von Phasenschritten, die größer als dieser Bereich sind.

[0022] In Fig. 5 sind einem Zeitdiagramm einige phasenverschobene Taktflanken dargestellt. Die abfallende Taktflanke des ersten Taktes  $c11$  beginnt bei der Bezugsphase 0 und die ansteigende Flanke bei der Bezugsphase 35, weil die Halbtaktperiode  $T/2$  auf 35 Verzögerungsstufen 20 aufgeteilt ist.

[0023] Für den zweiten Takt  $c12$  sind zur Phasenverschiebung drei Phaseninkremente  $ps = 3$  vorgesehen, so daß die abfallende Flanke beim akkumulierten Phasenwert  $pa = 3$  liegt. Der nächste Phasenschritt hat den Wert  $ps = 0$ , wodurch für den dritten Takt  $c13$  die akkumulierte Phase  $pa$  bei 3 sich nicht ändert. Der nächste Phasenschritt  $ps = 31$  verschiebt die akkumulierte Phase des vierten Taktes  $c14$  auf den Phasenwert  $pa = 34$ . Der nächste Phasenschritt ist negativ mit  $ps = -29$  und schiebt die Phase des fünften Taktes  $c15$  auf den akkumulierten Phasenwert  $pa = 5$ .

[0024] Bei der Betrachtung des Zeitdiagrammes in Fig. 5 treten Bereichsgrenzen noch nicht auf. Den Zusammenhang von Phasenschritten mit Bereichsgrenzen zeigt Fig. 6. Der zweite Grenzwert  $G2$  mit zugehörigem Gegenwert  $G2'$  bildet den ersten Aufenthaltsbereich  $I1$  und der dritte Grenzwert  $G3$  mit Gegenwert  $G3'$  bildet den erweiterten Aufenthaltsbereich  $I2$ . Eine Skalierung zeigt die akkumulierten Phasenwerte  $pa$ . Der Skalierungsumfang erstreckt sich unsymmetrisch von  $-8$  bis  $26$ . Der erste Phasenschritt  $ps6$ , der über sechs Phaseninkremente geht und vom Phasenwert  $pa = 7$  startet, liegt voll innerhalb des ersten Intervalls  $I1$ . Der vom gleichen Phasenwert gestartete Phasenschritt  $ps10$  käme jedoch auf den Phasenwert  $17$ , der außerhalb des ersten Bereiches liegt. Zur Einhaltung der Bereichsgrenze  $G2$  wird bei diesem Phasensprung ein sogenanntes Spiegelungsverfahren durchgeführt, bei dem der über die Bereichsgrenze  $G2$  hinausgehende Phasenschritt  $ps10'$  gespiegelt wird somit und einem von der Bereichsgrenze  $G2$  ausgehenden negativen Phasenschritt  $ps2$  entspricht. Anstatt des Phasenwertes  $17$  erzeugt der gespiegelte Phasenschritt  $ps10$  den Phasenwert  $13$ . Bei diesem Verfahren können relativ große Phasenschritte  $ps$  zugelassen werden, es ist jedoch ein gewisser Rechenaufwand erforderlich:

[0025] Vom Phasenwert  $7$  ausgehend überschreitet der negative Phasenschritt  $-dp10$  den unteren Grenzwert  $G2'$ , der beim Phasenwert  $0$  liegt. Soll ohne Spiegelung erreicht werden, daß alle Phasenschritte  $ps$  innerhalb der Bereichsgrenzen  $G2$ ,  $G2'$  liegen, dann wird dadurch ein Maximalsprung  $M$  definiert, der im angenommenen Beispiel von Fig. 6 den Phasenschritt  $ps = 8$  aufweist. Dies ist nämlich der größte Phasenschritt, der vom mittleren Phasenwert oder Phasenpaar ( $pa = 7$ ,  $pa = 8$ ) höchstens eine der Bereichsgrenzen  $G2$ ,  $G2'$  überschreitet. Die genaue Maximalsprungweite  $M$  entspricht der aufgerundeten Hälfte des ersten Bereiches  $I1$ . Daß der negative Maximalsprung  $-M$  außerhalb der unteren Bereichsgrenze  $G2'$  landet, ist unwesentlich, wenn für den Maximalsprung  $M$  das Vorzeichen durch die Modifikationseinrichtung 17 in richtiger Weise vorgegeben wird.

[0026] Der erweiterte Aufenthaltsbereich 12 mit den Grenzen G3, G3' ist in Fig. 6 durch eine spezielle Rückkehrstrategie R bestimmt, bei der mittels eines einzigen Maximalsprungs M der erste Bereich I1 wieder erreichbar sein muß. Zur Einhaltung der Grenzen G3, G3' gibt es ebenfalls wieder verschiedene Möglichkeiten, wobei der dargestellte Phasenschritt ps7 wieder als Beispiel für das Spiegelungsverfahren dient. Im folgenden werden einige Rückführungsstrategien kurz aufgelistet, die für den ersten oder zweiten Bereich I1, I2 anwendbar sind:

1. Ersatz mindestens einer zu integrierenden Zufallszahl durch einen vorgegebenen Phasensprung, insbesondere den Maximalsprung M, oder durch eine vorgegebene Folge von Phasensprüngen;
2. Ersatz mindestens einer zu integrierenden Zufallszahl durch Spiegelung des Überschußwertes an der jeweiligen Bereichsgrenze;
3. Ersatz mindestens einer zu integrierenden Zufallszahl durch eine Richtungsänderung mittels einer Vorzeicheninvertierung;
4. Ersatz mindestens einer zu integrierenden Zufallszahl im Bereich der dritten Grenzwerte G3, G3' durch einen Ersatzwert, der die Rückkehr in den Bereich der zweiten Grenzwerte G2, G2' garantiert;
5. Wiederholung der letzten Zufallszahlenfolge oder zeitliche umgekehrte Wiederholung der letzten Zufallszahlenfolge oder eine Wiederholung der letzten Zufallszahlenfolge in zeitlich zufälliger Reihenfolge, evtl. unter Umkehrung der Vorzeichen; und schließlich
6. Unterdrückung der jeweils gebildeten Zufallszahl bis eine passende Zufallszahl erscheint.

[0027] In den Fig. 7-12 sind in Diagrammform Beispiele für Aufenthaltsbereiche der akkumulierten Phasen  $p_a$  in Abhängigkeit von der gewählten Frequenz des Systemtaktes  $cl$  dargestellt. In horizontaler Richtung ist die Frequenzachse aufgetragen mit den Frequenzen von 0 bis 50 MHz. In vertikaler Richtung ist auf der linken Seite ein Halbtakt  $T/2$  aufgetragen, dem die Verzögerungszeiten sämtlicher im Ring geschalteter Verzögerungsstufen 20 entsprechen, beispielsweise 35 Verzögerungsstufen wie in Fig. 4. Entsprechend der Projektion auf diesen Pfeil wird also die jeweilige Anzahl von Verzögerungsstufen 20 definiert. Die von D nach C laufende Linie 10 ns gilt für den angenommenen Fall, daß die jeweilige Taktphase mindestens 10 ns groß sein muß. Der vertikale Pfeil auf der rechten Seite ist ebenfalls mit der Halbtaktperiode  $T/2$  skaliert, aufgetragen wird jedoch in vertikaler Richtung die unsymmetrische Grenze G2 oder die symmetrischen Grenzen G2, G2' des ersten Bereiches I1. Die von A nach E gehende Linie beschreibt daher den akkumulierten Phasenwert  $p_a$ , der nicht überschritten werden darf um den vorgegebenen 12 ns-Bereich nicht zu verletzen. Im Gegensatz dazu beschreibt die von D nach C laufende Linie die Grenze für die akkumulierten Phasenwerte, die aufgrund des 10 ns-Mindestphasenbereichs nicht überschritten werden dürfen. Die möglichen Maximalsprünge M sind daher einmal durch die Verbindungslinie A, B und zum anderen durch die Verbindungslinie B, C definiert. Das Dreieck A, B, C gibt bei reiner Phasenmodulation den Aufenthaltsbereich für die Phasenwerte unter den gegebenen Bedingungen - 10 ns-Mindestphase und 12 ns-Phasenaufenthaltsbereich - dar.

[0028] Fig. 8 zeigt den Aufenthaltsbereich wieder bei einer reinen Phasenmodulation, wobei aber der Aufenthaltsbereich für die zulässigen Phasen symmetrisch um den Bezugsphasenwert 0 liegen soll. Der Aufenthaltsbereich von 12 ns teilt sich so auf den Bereich von -6 ns bei F bis +6 ns

bei F auf. Die Größe der Maximalsprünge M hat sich nicht geändert. Die Sprünge erfolgen jedoch über die Null-Bezugsphase. Der durch die Raute A, B1', C, B1 gebildete Aufenthaltsbereich für eine reine Phasenmodulation hat die gleiche Größe wie der Bereich A, C, B von Fig. 7. Da die 10 ns-Grenze sich jetzt gleichmäßig auf beiden Seiten der jeweiligen Taktflanke erstreckt, beginnt die zugehörige Grenzkurve bei T4 bzw. -T4 entsprechend den Endpunkten S, C bzw. S', C.

[0029] Der Phasenaufenthaltsbereich nach Fig. 7 und Fig. 8 entspricht einem Taktgeber ohne Integrator, an dem aber bestimmte Grundbegriffe erläutert werden, die bei den folgenden Diagrammen ebenfalls verwendet werden.

[0030] Fig. 9 zeigt das Aufenthaltsdiagramm bei einem Taktgeber mit einem Integrator nach der Erfindung unter den gleichen Anforderungen an den Systemtakt wie bei den Fig. 7 und 8. In Fig. 9 ist der unsymmetrische Fall gezeigt, der vom Phasenbezugswert 0 ausgeht und positive Phasenabweichungen aufweist. Der gestrichelte Aufenthaltsbereich A, C, E ist gegenüber Fig. 7 um die Fläche B, C, E größer geworden. Die Bedingungen für den Maximalsprung sind durch die Verbindungslinien A, B und B, C gegeben. Die eingezeichneten Pfeile entsprechen alle den für die jeweilige Frequenz zugeordneten Maximalsprüngen. Bei 40 MHz zeigen drei übereinander liegende Maximalsprünge M, daß der Aufenthaltsbereich deutlich größer als der zulässige Maximalsprung M wie bei Fig. 7 sein kann.

[0031] Das Diagramm von Fig. 10 unterscheidet sich gegenüber dem Diagramm von Fig. 9 lediglich dadurch, daß die Bereichsgrenzen symmetrisch um den Phasenbezugswert 0 angenommen sind. Bei tiefen Frequenzen von A bis 6 werden dabei die Maximalsprünge entsprechend der von A bis F oder A bis F' verlaufenden 6 ns-Grenzlinie. Die Aufenthaltsfläche A, F', F ist identisch zur Aufenthaltsfläche A, C, E von Fig. 9.

[0032] Die Konstruktion der Fig. 11 und 12 ist teilweise gleich zur Konstruktion der Fig. 9 und 10 und enthalten insbesondere deren Aufenthaltsbereiche A, C, E bzw. A, F', F. Zusätzlich enthalten diese Diagramme aber einen ergänzenden Aufenthaltsbereich E, H, I, J bzw. F, K, L, N und F', K', L', N'. Diese Aufenthaltsbereiche ergeben sich dadurch, daß gemäß Fig. 6 mindestens für vorgesehene Zeitintervalle ein erweiterter Aufenthaltsbereich gilt. Die zugehörigen Zeitintervalle bestimmen sich beispielsweise aus dem Frequenzteiler 18 von Fig. 1. Ausgehend von einem relativ hochfrequenten Systemtakt  $cl$  werden beispielsweise Daten mit einem wesentlich niedrigerem Takt über einen externen Bus abgefragt, für den die relativ engen Phasengrenzen 12 ns erforderlich sind. Außerhalb dieser speziellen Datenübernahme können die Phasen jedoch weiter weglaufen, was den Zusatzbereichen in Fig. 11 und Fig. 12 entspricht. Die Grenzen I, J bzw. L, N; N', L' hängen mit dem Teilungsverhältnis des Teilers 18 zusammen; das in Fig. 11 und 12 als  $t : 1$  angegeben ist. Wenn der Teiler 18 gar nicht vorhanden ist, dann ist das Teilungsverhältnis 1 : 1 und in jedem Systemtakt  $cl$  muß die engere Aufenthaltsbedingungen eingehalten werden. Erst bei einem Teilungsverhältnis 2 : 1 ist ein erweiterter Aufenthaltsbereich für jeden zweiten Takt möglich. Der erste Takt hat einen engen Aufenthaltsbereich, der nächste einen weiten, der dritte wieder einen engen usw.. Wenn beispielsweise für den engen Aufenthaltsbereich eine feste Frequenz von 8 MHz vorgegeben wird, dann kann der Teiler 18 entsprechend den von 0 bis 50 MHz gehenden Diagrammen höchstens das Teilungsverhältnis 6 : 1 aufweisen. Der Systemtakt  $cl$  hat dann höchstens die Frequenz 48 MHz und der maximale Phasenschritt M beträgt nur noch 1 Taktinkrement. Der Phasenaufenthaltsbereich reicht indessen von C bis nahezu E oder nahezu von F' bis F.

1. Taktgeber (100) mit einem Zufallszahlengenerator (1) und einem Phasenmodulator (4) zur Erzeugung eines im Frequenzspektrum verschliffenen und damit störstrahlarmen Systemtaktes (cl),  
gekennzeichnet durch folgende Merkmale:  
zwischen den Zufallszahlengenerator (1) und den Phasenmodulator (4) ist ein Integrator (3) für die vom Zufallszahlengenerator gelieferten Zufallszahlen (z1) eingefügt,  
der Ausgang des Integrators (3) steuert den jeweiligen Phasenwert (pa) im Phasenmodulator (4) und der Integrator (3) ist mit einer Kontrolleinrichtung (7) gekoppelt, die in die zugeführten Zufallszahlen (z2) oder den Integrationsvorgang eingreift, um vorgegebene Grenzwerte (G1, G2, G3) bei der Integration nicht zu überschreiten.
2. Taktgeber (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Grenzwert (G1) einem maximal zulässigen Phasensprung des Systemtaktes entspricht, der als Maximalsprung (M) bezeichnet ist.
3. Taktgeber (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Grenzwert (G2) durch eine maximal zulässige Frequenz- oder Phasenabweichung des Systemtaktes mindestens während vorgegebener erster Zeitintervalle (I1) bestimmt ist, wobei der zweite Grenzwert in Verbindung mit einem Anfangswert (0) oder einem zweiten Gegenwert (G2') einen ersten Aufenthaltsbereich für die integrierten Zufallszahlen (pa) definiert.
4. Taktgeber (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zufallszahlengenerator (1) nur Zufallszahlen (z1) erzeugt, die innerhalb eines vorgegebenen, insbesondere durch den ersten Grenzwert (G1) definierten Wertebereiches liegen.
5. Taktgeber (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß während zweiter Zeitintervalle (I2), die außerhalb der ersten Zeitintervalle (I1) liegen, ein dritter Grenzwert (G3) für die maximal zulässige Frequenz- oder Phasenabweichung des Systemtaktes (cl) gilt, der größer als der zweite Grenzwert (G2) ist und in Verbindung mit einem zugehörigen Anfangswert (o) oder einem dritten Gegenwert (G3') einen erweiterten Aufenthaltsbereich, der als zweiter Aufenthaltsbereich bezeichnet ist, für die integrierten Zufallszahlen (pa) definiert.
6. Taktgeber (100) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Grenzwert (G3) dadurch bestimmt ist, daß mittels einer durch die Kontrolleinrichtung (7) vorgegebenen Rückführstrategie (R) spätestens zu Beginn der ersten Zeitintervalle (I1) der erste Aufenthaltsbereich erreichbar ist.
7. Taktgeber (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinrichtung (7) eine Modulationseinrichtung (17) enthält, die zur Einhaltung des ersten oder zweiten Aufenthaltsbereiches mindestens eine Zufallszahl (z1) vor der Integration modifiziert, beispielsweise im Vorzeichen invertiert.
8. Taktgeber (100) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verzögerungseinrichtung (2) die im Zufallszahlengenerator (1) erzeugte Zufallszahl (z1) solange vor der Integration verzögert, bis in der Kontrolleinrichtung (7) die Entscheidung zur direkten Integration oder zur vorherigen Modifikation dieser Zufallszahl stattgefunden hat.
9. Taktgeber (100) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß zur Einhaltung des ersten Grenzwertes (G1) der Zahlenbereich der zu integrierenden Zufallszahlen (z1, z2) in positiver und negativer Richtung betragsmäßig auf den ersten Grenzwert (G1) begrenzt ist, der damit den Maximalsprung (M) darstellt.

10. Taktgeber (100) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einhaltung des ersten Aufenthaltsbereiches im Falle einer erkennbaren Überschreitung die zu integrierende Zufallszahl (Z3) im Vorzeichen invertiert wird, wobei der maximale Betrag der Zufallszahl (z3) kleiner als oder gleich groß wie die aufgerundete Hälfte des ersten Aufenthaltsbereiches und kleiner als oder gleich groß wie der Maximalsprung (M) sein muß.

11. Taktgeber (100) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erweiterte Aufenthaltsbereich aus dem ersten Aufenthaltsbereich hervorgeht, indem an der oberen und unteren Bereichsgrenze (G2, G2') des ersten Aufenthaltsbereiches je ein Zusatzbereich in gleicher Größe wie der Maximalsprung (M) angefügt ist,

zur Einhaltung des zweiten Aufenthaltsbereiches während des zweiten Zeitintervalls (I2) im Falle einer erkennbaren Überschreitung die zu integrierende Zufallszahl (z1) im Vorzeichen invertiert wird, wobei der maximale Betrag der Zufallszahl kleiner oder gleich groß wie die aufgerundete Hälfte des zweiten Aufenthaltsbereiches und kleiner oder gleich wie die Maximalsprung (M) sein muß, und

am Ende des zweiten oder spätestens zu Beginn des ersten Zeitintervalls (I2 bzw. I1) im Falle einer erkennbaren Verfehlung des ersten Aufenthaltsbereiches die betragsmäßig zu kleine Zufallszahl (z1) durch den Maximalsprung (M) mit angepaßtem Vorzeichen ersetzt wird.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

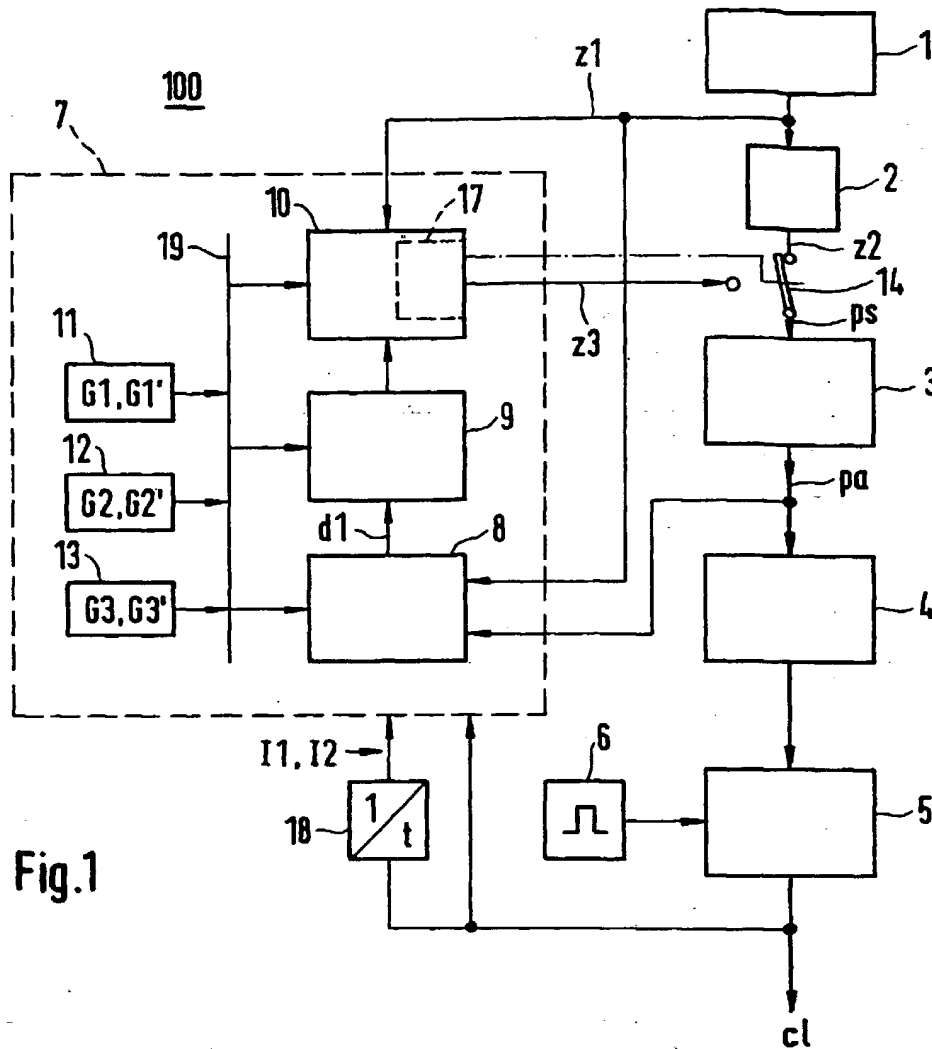


Fig. 1

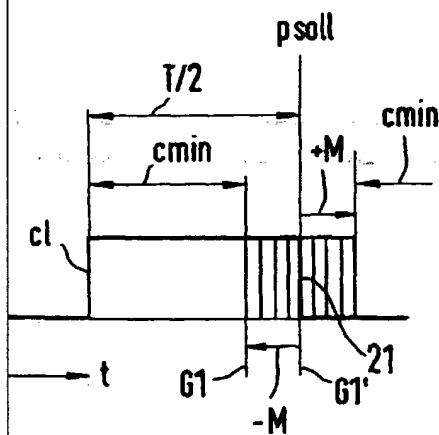


Fig. 2

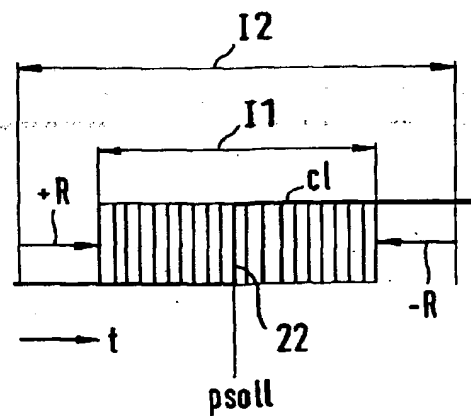
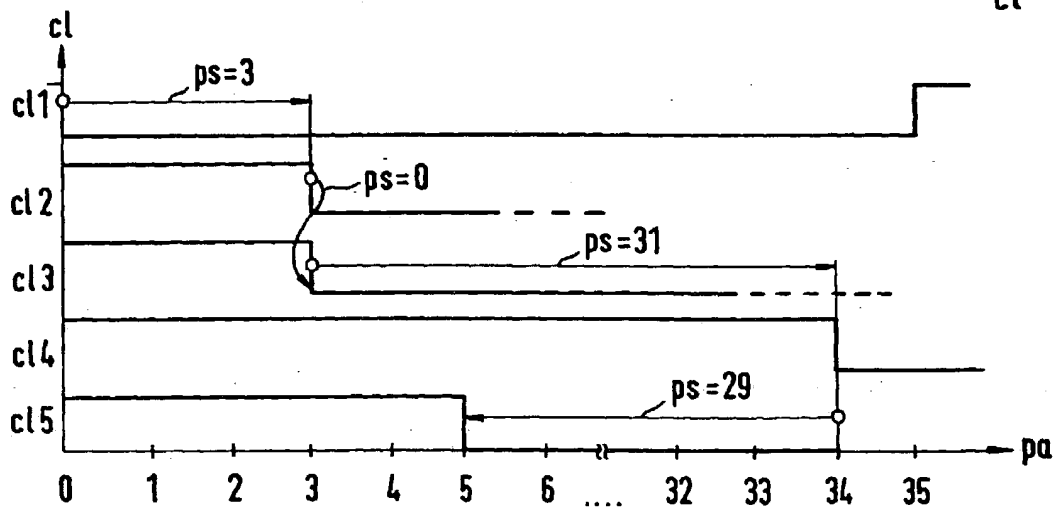
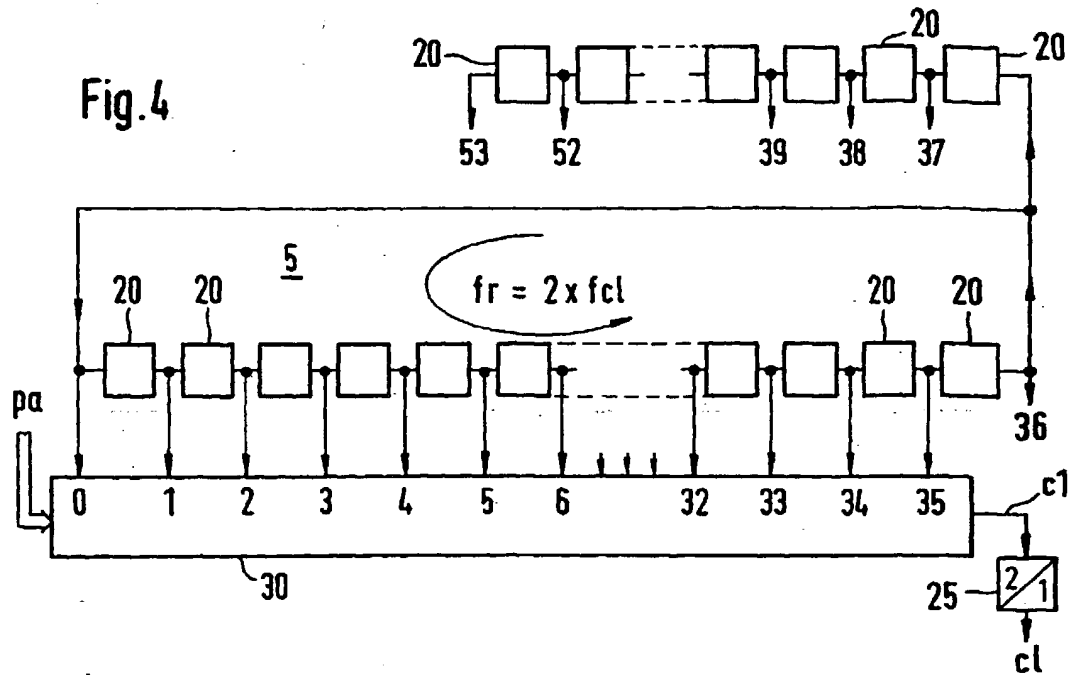
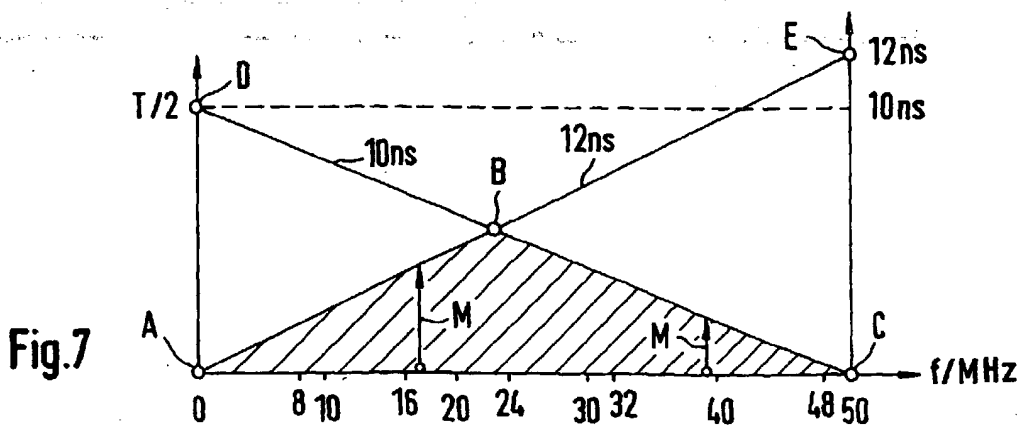


Fig. 3



**Fig. 5**





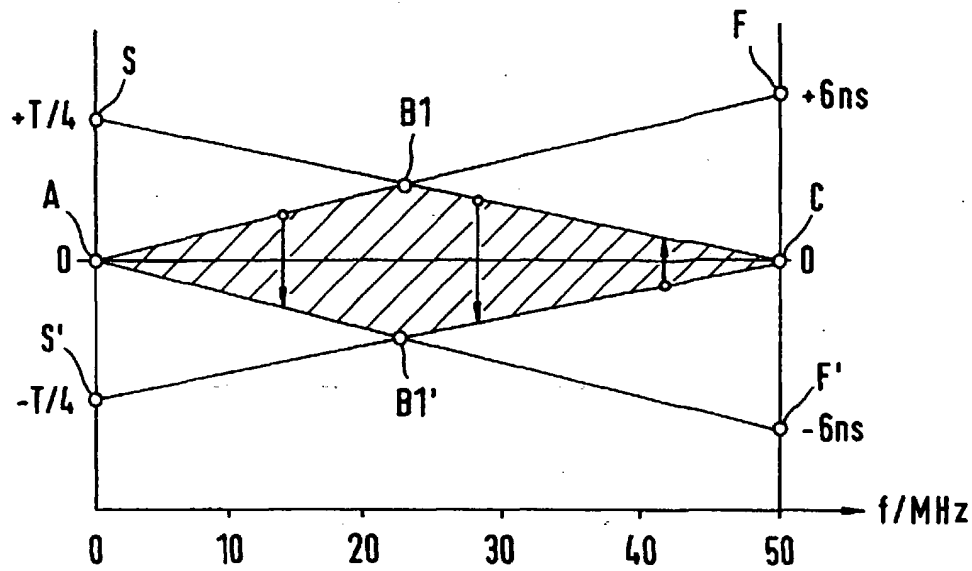


Fig. 8

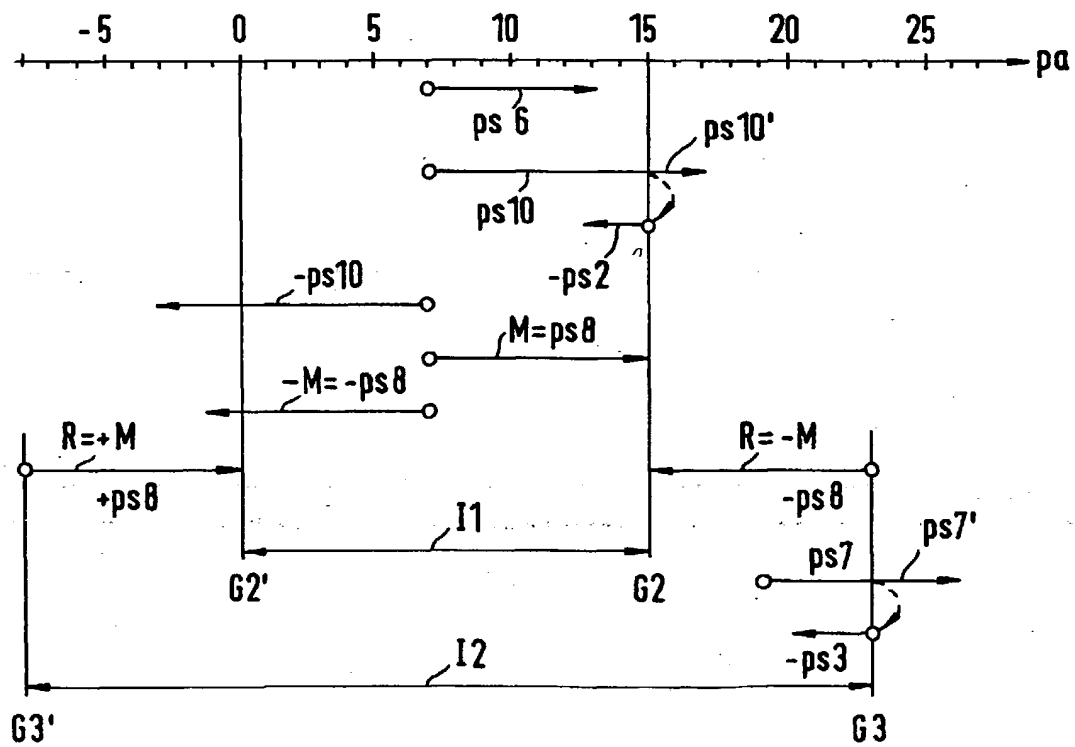


Fig. 6

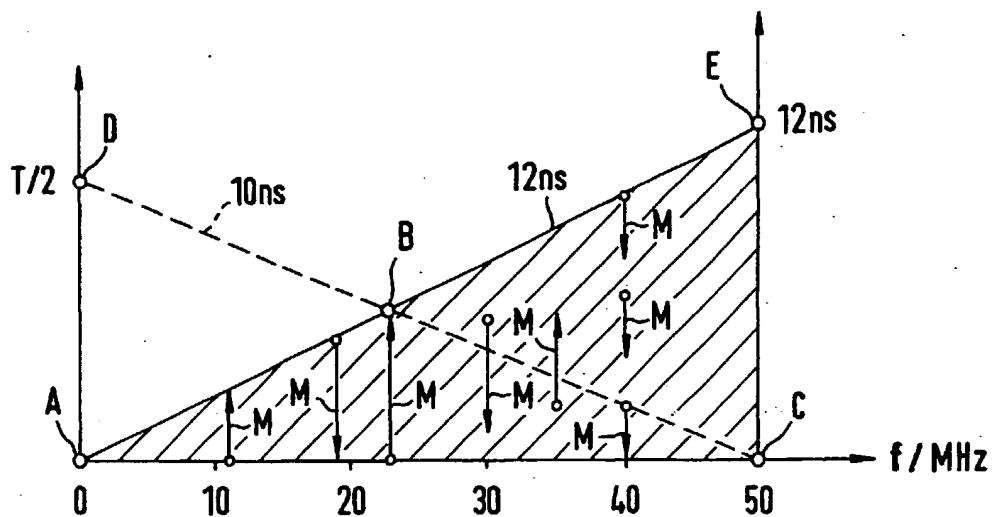


Fig.9

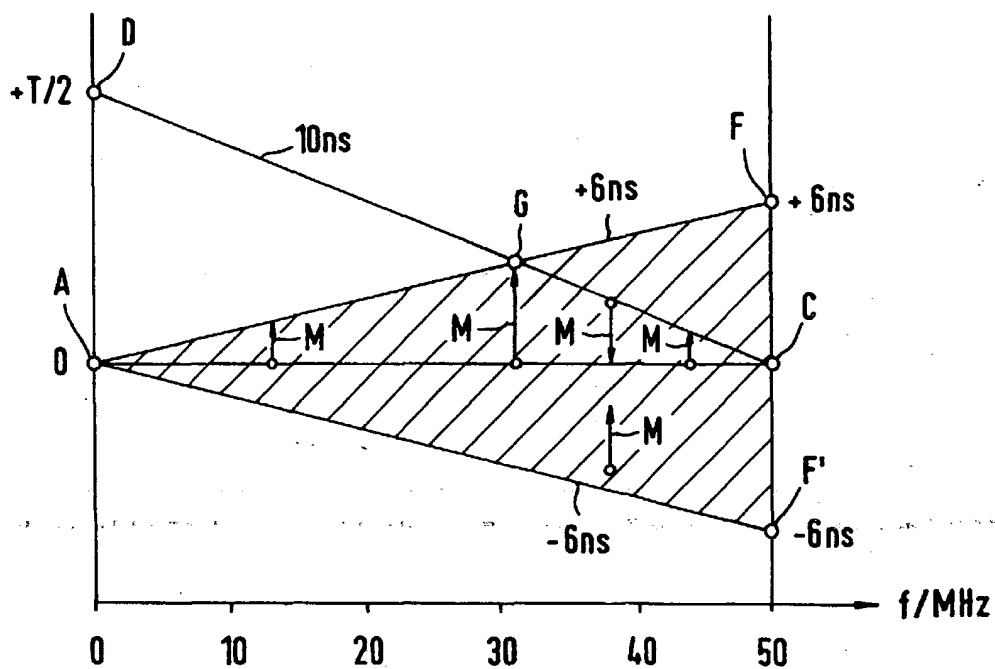


Fig.10

